

UP-CONVERSION FIBER LASER DEVICE

Patent number: JP2000339735

Publication date: 2000-12-08

Inventor: KAWAI KIYOKUKI; YOSHIDA RITSUO; ITO KEN; OKANO HIDEAKI

Applicant: TOSHIBA CORP

Classification:

- international: G11B7/125; H01S3/06

- european:

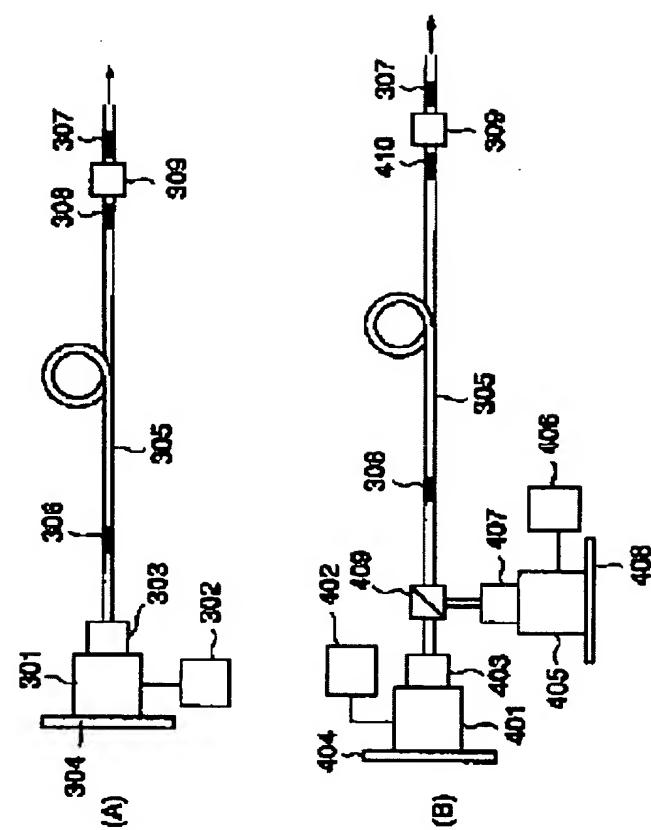
Application number: JP19990149751 19990528

Priority number(s):

Abstract of JP2000339735

PROBLEM TO BE SOLVED: To simultaneously output light rays of green 450 nm and 480 nm, to achieve a large output with high efficiency and also to easily realize a green up-conversion laser by using the same means in an up-conversion laser using Tm (thulium).

SOLUTION: This laser device is provided with a light source 30 for outputting light near a wavelength A and a means 308 for reflecting light near the wavelength A at the other end of an optical fiber 305 to form an optical resonator of the wavelength A. In this case, an up-conversion fiber is set up in the inside of the optical resonator of the wavelength A, the optical resonators of a wavelength B composed of reflecting means 306, 307 of the wavelength B are structured at two places of both ends of the up-conversion fiber, an SLD chip side reflecting means of the reflecting means in two places is made to be of high reflection 306 and the other side one is made to be of partial reflection 307, thus the output light of wavelength B is obtained from the partial reflecting side one.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-339735
(P2000-339735A)

(43)公開日 平成12年12月8日(2000.12.8)

(51) Int.Cl.
G 11 B 7/125
H 01 S 3/08

識別記号

F I
G 1 1 B 7/125
H 0 1 S 3/03

テマコト[°](参考)
5F072

審査請求 有 請求項の数10 QL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-149751
(22) 出願日 平成11年5月28日(1999.5.28)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 川井 清幸
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 吉田 律生
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

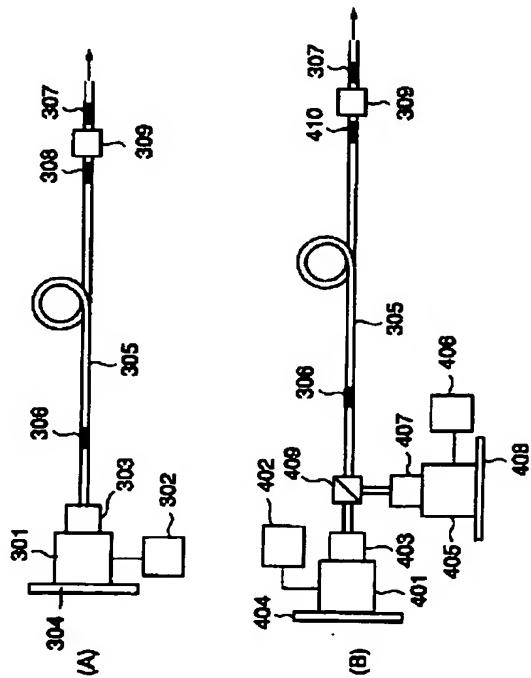
最終頁に統く

(54) [発明の名称] アップコンバージョンファイバレーザ装置

(57) 【要約】

【課題】Tmを用いたアップコンバージョンレーザにおいて青色450nm、480nmの光を同時出力し、高効率で大出力が可能とし、また緑色アップコンバージョンレーザも同様な手段で容易に実現する。

【解決手段】 波長A近辺の光を出力する光源装置301を有し、光ファイバ305の他端に波長A近辺の光を反射する手段308を備え波長Aの光共振器を形成するハイブリッドファイバレーザ装置において、波長Aの光共振器の中にアップコンバージョンファイバを設置し、アップコンバージョンファイバの両端の2個所に波長Bの反射手段306、307で構成される波長Bの光共振器構造を持ち、2個所の反射手段のうちSLDチップ側を高反射306とし他端側を部分反射307とし部分反射側より波長Bの出力光を得る。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長A近辺の光を出力するスーパールミネッセンスダイオード(SLD)チップ(またはレーザダイオードチップ)と光ファイバとの一端同士を低反射接続し、前記SLDチップの他端と光ファイバの他端側に波長A近辺の光を反射する手段を備え波長Aの光共振器を形成するハイブリッドファイバレーザ装置において、前記波長Aの光共振器にアップコンバージョンファイバを用い、前記アップコンバージョンファイバの両端側の2個所に波長Bの反射手段を設けて波長Bの光共振器を構成し、前記2個所の反射手段のうちSLDチップ側を高反射とし他端側を部分反射とし、部分反射側より波長Bの出力光を得る事を特徴とするアップコンバージョンファイバレーザ装置。¹⁰

【請求項2】 前記アップコンバージョンファイバはツリウム(Tm)イオンを添加した光ファイバであり、波長A近辺の光を反射する手段として650nm付近の赤色光を100%近く反射し、波長Bの反射手段としてSLDチップ側では450nm付近および480nm付近を100%近く反射し他端側では450nm付近および480nm付近を部分反射し、450nm付近および480nm付近の出力光を得る事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。²⁰

【請求項3】 前記波長Bの反射手段のうちSLDチップの反対側の反射手段の内前記部分反射として、450nm付近および480nm付近で異なる反射率を奏する部分反射を用いる事を特徴とする請求項2記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。³⁰

【請求項4】 前記波長A近辺の光を反射する前記反射手段として、複数の波長に対して選択的に100%近く反射する反射手段を用いている事を特徴とする請求項2あるいは請求項3記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。³⁰

【請求項5】 前記波長A近辺の選択的複数の波長としては、650nm付近の赤色光および670nm付近の赤色光であり、これらの光を100%近く反射する事を特徴とする請求項4記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。⁴⁰

【請求項6】 前記波長A近辺の選択的複数の波長としては、640nm付近、650nm付近および670nm付近の赤色光であり、これらを100%近く反射する事を特徴とする請求項4記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。⁴⁰

【請求項7】 前記波長Bの反射手段として、前記450nm付近と480nm付近に加えて1800nm付近の反射手段をもち1800nm付近でも共振器を形成する事を特徴とする請求項2乃至6のいずれかに記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。⁵⁰

2

【請求項8】 前記アップコンバージョンファイバはホルミウム(Ho)イオンを添加した光ファイバであり、前記波長A近辺の光を反射する手段として645nm付近の赤色光を100%近く反射し、前記波長Bの反射手段としてSLDチップ側では545nm付近を100%近く反射し他端側では545nm付近を部分反射し、545nm付近の出力光を得る事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【請求項9】 前記アップコンバージョンファイバはエルビウム(Er)イオンを添加した光ファイバであり、前記波長A近辺の光を反射する手段として970nmまたは800nm付近の赤外光を100%近く反射し、前記波長Bの反射手段としてSLDチップ側では545nm付近を100%近く反射し他端側では545nm付近を部分反射し、545nm付近の出力光を得る事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ディスプレイ、光記憶装置、光情報処理等の分野に利用されるアップコンバージョンファイバレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 J.Y. Allain, et. ; "Blue Upconversion Fluorozirconate FiberLaser" Electoron. Lett. 26, 1990, 166においてTm³⁺イオンを674.4nm、647.1nmの2種の赤色光で励起した出力455nm、480nmのTm³⁺イオンによるアップコンバージョンレーザが報告されている。この報告では455nm出力はパルスであり、480nmはスパイク状となっており、CW (Continuous Wave; 連続波) は得られていない。

【0003】 E.W.J. Oomen, et. ; "A Material and Device Study for Obtaining A Blue Upconversion FiberLaser" Philips J. Res. 46, 157-198, 1992において解析が報告されており図2(A), 図2(B)に示す。

【0004】 図2(A)は、Tm³⁺イオンのエネルギー準位であり、Tm³⁺イオンを650nmの光で励起したときのエネルギー遷移を示している。この図において101、103、105は吸収遷移(光を吸収してエネルギーを蓄える方向)であり上向き矢印で示している。104、106は発光遷移(エネルギーを光として放出する方向)であり下向き矢印で示している。102は非発光遷移であり下向き波状矢印で表記されている。基底準位³H₆および各準位³H₄, ³H₅, ³F₄, ³F₂, ³, ¹G₄, ¹D₂を各々準位1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8と呼ぶこととする。Tm³⁺イオンを650nmの光で励起したとき上記のようなエネルギー交換が各準位で行われている。

【0005】 Tm³⁺イオンのエネルギー準位は、励起

光を吸収し、基底準位1から準位6、5に吸収遷移101するがこの寿命は極めて短く瞬時に準位4へ非発光遷移102する。Tm³⁺イオンはもう一度励起光を吸収し準位4から準位8に遷移103する。次に準位8から準位2に遷移するがこのときは450nmの青色光を放射する発光遷移104である。さらにTm³⁺イオンは励起光を吸収し、準位2から準位7に吸収遷移105する。そして準位7から基底準位1に発光遷移106するがこのときの発光光は475nm(480nm)になる。

【0006】図2((B))は、励起光を650nmとし¹⁰たときの、各準位の分布密度を縦軸に、光パワーP(W)を横軸にとった解析例である。光パワーの増加に伴い、準位7と準位1のクロス点があり、準位7の分布密度が準位1の分布密度を越えていわゆる反転状態が生じていており、480nmのCW出力が可能であることを示している。つまり、図2(A)の発光遷移106が連続することが可能であることを示している。

【0007】しかしながら、光パワーを増加させても準位8の分布密度は準位2の分布密度を越えることがなく、450nmのCW出力ができないことも示されている²⁰。これは準位2に滞在する電子寿命が6msと非常に長く、準位8に滞在する電子寿命が55μsと短いことが主たる要因となっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ディスプレイ光源として、波長は赤：610nm乃至630nm、緑：510nm乃至530nm、青：460nm乃至470nm、出力はW(ワット)クラス以上が必要である。波長に関しては、前記値に対して赤、緑は多少の許容幅がある。しかしながら、青は非常にクリティカルである。短波長³⁰側になれば青紫となるが、特に長波長側にはずれると色再現範囲が著しく狭くなる。

【0009】青色波長を発光するレーザとして、ガリウムナイトライド系のレーザダイオードが知られているが出力、信頼性の観点から当面はディスプレイ用途への適用は困難である。

【0010】また、SHGによる赤外線からの変換はやはり出力と効率の観点からディスプレイ用途への適用は困難である。他の青色レーザ生成手法として、希土類を用いたアップコンバージョンが知られている。この場合⁴⁰、青色出力波長は希土類のもつ物理的性質によってほぼ一義的に決まってしまう。数多くの報告があるが、460nm乃至470nmの出力波長を満たし、変換効率が良好でかつ大出力可能な報告事例は見当たらない。

【0011】しかしながら、ツリウム(Tm)は450nmと480nmを同時に出力できる可能性があり、ディスプレイ用途における460nm乃至470nm光とほぼ等価な光源として使用できる。

【0012】一方、ディスプレイ用途には当然CW(連続波)が必要であるが、Tmの物理的性質から480n⁵⁰m

m出力はCWが可能であるが、上述した準位8と準位2の関係から450nm出力のCW出力が非常に困難である。

【0013】そこで本発明は、Tmを用いたアップコンバージョンレーザにおいて青色450nm、480nmの光を同時出力し、高効率で大出力が可能な手段を提供する事を第一の目的とする。また、緑色アップコンバージョンレーザも同様な手段で容易に実現することを第二の目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明は上記の目的を達成するために、波長A近辺の光を出力するスーパーリミネッセンスダイオード(SLD)チップ(またはレーザダイオードチップ)と光ファイバを低反射接続し、SLDチップの他端と光ファイバの他端に波長A近辺の光を反射する手段を備え波長Aの光共振器を形成するハイブリッドファイバレーザ装置において、波長Aの光共振器の中にアップコンバージョンファイバを設置し、アップコンバージョンファイバの両端の2個所に波長Bの反射手段で構成される波長Bの光共振器構造を持ち、2個所の反射手段のうちSLDチップ側を高反射率とし他端側を部分反射とし部分反射側より波長Bの出力光を得る事を特徴とするものである。上記の波長Bの共振構造を得ることで所望の色の光を取り出すことができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0016】図1(A)、図1(B)は、この発明の第1と第2の実施の形態である。本発明の具体的な実施形態について説明する前に、まず本発明の基本的な原理について図面を用いて説明する。

【0017】図2(B)は励起光を650nmとしたときの、Tm³⁺イオンの各準位の分布密度を縦軸に、光パワーP(W)を横軸にとったものである。

【0018】この図において非常にパワーが高い状態、例えば2W付近の領域を考える。このとき準位7の分布密度は準位1の分布密度よりも大きく、反転分布状態になっている。基準7は、43mW以上になると、基準1に対して反転状態となっている。

【0019】このとき外部から強制的に図1(A)の準位7と準位1間で誘導放出(発光遷移106)を行なつたと仮定する。準位7から準位1への誘導放出(発光遷移106)が行われることで波長480nmの光が放射される。この作用により準位7の分布密度は減少し、基底準位1の分布密度は増加する。

【0020】波長650nmの励起光により十分な励起が行なわれている状態を想定しているので、準位7の分布密度の減少に伴い励起光の吸収がよくなり、準位2から準位7へ励起遷移105が効果的に実現され、準位2の分布密度は減少する。

5

【0021】また、準位1の分布密度の増加とともにない、励起光を吸収して準位1から準位5、6への励起遷移101が行なわれるが、準位5、6は寿命が短いので瞬時に準位4へ非発光遷移102し、準位4の分布密度が増加することになる。

【0022】準位4の電子の分布密度が増加し、準位2の分布密度が減少すると、準位4、準位8、準位4の遷移経路が出来上がる。つまり、波長650nmの励起光により十分な励起が行なわれている状態では、さらに励起光を吸収し準位4から準位8への励起遷移103がおこなわれ、準位8の分布密度が増加する。¹⁰

【0023】以上の過程により準位2の分布密度の減少と準位8の分布密度増加の関係が生じ、準位8の分布密度が準位2の分布密度を越えるに至り、両準位間において反転分布が実現される。この状態を実現することにより準位8から準位2への遷移により波長450nmの放射が行なわれる。

【0024】この波長450nmの放射は準位2の分布密度を増加させるため、この系が平衡状態になれば、準位2の分布密度は系の平衡状態のある値に落ち着く。²⁰ すなわち、このとき他の各準位の分布密度もある平衡状態に落ち着く。

【0025】すなわち、Tm³⁺イオンに充分な励起光密度をあたえ、準位7から準位1への遷移による波長480nmの放射光を充分に誘導放出させ、準位2から準位7への遷移105を活発に行わせることにより、結果的に準位2の分布密度を減少させ、準位8の分布密度を増加させることになる。これにより480nmの放射光と準位8から準位2への誘導遷移による450nmの放射光とを同時に得ることができる。³⁰

【0026】(第1の実施の形態)以上の原理に基づき、本発明の具体的実施形態1の構成を図1を参照し詳細に説明する。図1(A)において301は励起光源装置であり、中心波長650nm付近の励起光を出力するSLD(super-luminescent diode)で構成される。302は励起光源装置301を駆動させるための駆動装置であり、電源・回路系から構成される。

【0027】305はフッ化物系等のフォノンエネルギーの低い材料からなる光ファイバであり、そのコア部にはTm³⁺が添加されている。303は結合素子であり、⁴⁰ 励起光源301と光ファイバ305とを結合するための導波路で構成されている。304はミラーであり、励起光源装置301から一方の端から出射する励起光を反射する光学部材からなる。例えばこれは励起光源装置301の一端に形成された誘電体の多層膜で構成されており、励起光の波長650nm付近に対して99%以上の高反射率を有する。308は光ファイバ305中に作製されたファイバグレーティングであり、励起光波長650nm付近に対し99%以上の高反射率を有するように屈折率を変化させたグレーディングが施されている。つま⁵⁰

6

り、グレーディングは、光ファイバを部分的に波長に関連させて周期的に屈折率を変化させた部分である。306、307も同様にファイバグレーティングであり、波長450nmと480nmとを共に反射するようにグレーティング周期を長手方向に徐々に変化させて広帯域化してある。

【0028】また、306のグレーティングはそれぞれの波長共に99%以上の反射率、307のグレーティングはそれぞれの波長に対して異なる部分反射率を有するように構成されている。309はファイバ中に挿入された偏光素子であり、例えば光ファイバ305中に設けられたスリットに光学部材で作製された偏光子を挿入し構成されている。

【0029】次に図1(A)を参照して本発明の第1の実施の形態の動作を説明する。

【0030】まず、励起光源装置301から励起光が両端から出射される。励起光源301の後端面から出射した励起光はミラー304に反射され再び励起光源装置301を通過増幅される。前端面から出射した励起光は結合素子303を介して光ファイバ305に入射する。その励起光はファイバグレーティング308により反射し、結合素子303を介して再び励起光源装置301に入射し、通過増幅される。つまり励起光に関しては、ミラー304とファイバグレーティング308の間で共振器が構成されており、この共振器構造により光ファイバ305中の高い励起光密度を保つことができる。この励起光は光ファイバ305に添加されているTm³⁺イオンに吸収される。

【0031】前述した原理のように、この励起光の光密度を非常に高い状態にすることにより波長450nmと480nmの光が放射される。このためにこれら波長450nmと480nmの放射光に対してファイバグレーティング306(高反射)と307(部分反射)とで共振器が構成されている。また光ファイバ305中に挿入された偏光素子309により、特定方向の偏光に関して高いQ値を持つ共振器を形成し、これらの波長はその偏光に関して強く励振される。高い励起光密度が保たれたこの共振器内部で繰り返し反射し増幅されたこれらの光はレーザ発振する。これらの光の一部は、部分反射のファイバグレーティング307を透過し、光ファイバ端から波長450nmと480nmの光を同時に得ることができる。

【0032】上記のように、この発明では共振器によりファイバ内のエネルギー制御を行っている。そして複数の波長に対してそれぞれ共振器を構築し、励起に必要な波長の光はファイバ内に閉じ込め、必要な波長の光は取り出すようにしている。またこれから述べる実施の形態ではエネルギー制御のための各種変形手段が明らかにされる。

【0033】以上の実施の形態において光ファイバ30

5中のファイバグレーティングは本実施例のような位置関係に限ることではなく、例えばファイバグレーティング307と308の位置関係を入れ換えても同様の動作をすることは明らかである。

【0034】また偏光素子309も本実施例のような位置関係に限ることではなく、ファイバグレーティング306と307とで構成される共振器中にあれば良い。

【0035】またファイバグレーティング307は450nm、480nm両方に対して部分反射するが、これを狭帯域なファイバグレーティング2つにしてそれぞれの波長に対してのみそれぞれの部分反射率を持つようにしても良い。

【0036】また、励起光源装置301は高光密度で発振することのできる光源でよく、例えば半導体レーザを用いてもよい。その場合ミラー304は不要である。

【0037】また、光ファイバ305中のファイバグレーティングは光ファイバ305の両端に設けられた誘電体の多層膜を用いた狭帯域なミラーでもよい。

【0038】また光ファイバ305は非対象な断面形状のコアを持つような偏光保存ファイバを用いても良い。

【0039】また、偏光素子309は本発明にとって必須の構成要素ではなく、出力光として一定偏光が不要な場合には省略できる。これは以下の実施例においても同様である。

【0040】また、 H_0^{3+} イオンを波長645nm付近の励起光で励起すると波長545nmの出力を得ることができるアップコンバージョンレーザは報告されている。上記の実施の形態と同様の構成において、 Tm^{3+} *

励起遷移101における吸収スペクトルの中心波長…676nm

励起遷移103における吸収スペクトルの中心波長…647nm

励起遷移105における吸収スペクトルの中心波長…640nm

上記に示したように励起遷移の中心波長の波長差の大きなものは36nm程度ある。それぞれの吸収スペクトルはある程度幅を持っているので上記の原理のように650nmという波長の励起光を吸収し、励起遷移することが可能であるが、それぞれの中心波長に近い光を励起光とすればより効率的に吸収し、励起遷移を行なうことができる。

【0044】図1(B)は、本発明の第2の実施の形態であるアップコンバージョンファイバレーザ装置の構成を示した図である。本実施の形態においては第1の実施の形態と異なる点についてのみ言及する。なお第1の実施の形態と同一の構成要素は同一の符号を付し、特に説明はしない。

【0045】図1(B)において、401は第一の励起光源装置であり、例えば中心波長波長650nmの励起光を出射するSLDで構成される。402は第一の励起光源装置401を駆動させるための駆動装置であり、電源・回路系により構成される。403は結合素子であり、励起光源装置401と光ファイバ305とを結合す

*イオンの代わりに H_0^{3+} イオンを添加した光ファイバ305を用い、光源装置301の代わりに波長645nm付近の励起光を発する光源装置を用い、ファイバグレーティングの反射中心波長を308は645nm付近、306, 307は545nm付近にすることにより高効率な緑色アップコンバージョンファイバレーザ装置を構成することができる。

【0041】また、同様に E_r^{3+} イオンを波長970nm付近あるいは800nm付近の光で励起すると波長545nmの出力が得られることも報告されている。これも上記の実施形態1と同様の構成において、 Tm^{3+} イオンの代わりに E_r^{3+} イオンを添加した光ファイバ305を用い、光源装置301の代わりに波長970nm付近あるいは波長645nm付近の励起光を発する光源装置を用い、ファイバグレーティングの反射中心波長をファイバグレーティング308は、970nm付近あるいは800nm付近、ファイバグレーティング306, 307は545nm付近にすることにより高効率な緑色アップコンバージョンファイバレーザ装置を構成することができる。

【0042】(第2の実施の形態) 上記原理で説明したように Tm^{3+} イオンによるアップコンバージョンにおいて波長450nmと480nmとの両波長を同時発振するためには三つの励起遷移101、103、105が必要となる。それぞれの吸収スペクトルの中心波長を次のようになっている。

【0043】

励起遷移101における吸収スペクトルの中心波長…676nm
 励起遷移103における吸収スペクトルの中心波長…647nm
 励起遷移105における吸収スペクトルの中心波長…640nm
 るための導波路で構成されている。404は第一の励起光源装置401の一端に作製されたミラーであり、波長650nm付近の光に対し99%以上の反射率を持つように構成される。405は第二の励起光源装置であり、例えば中心波長670nmの励起光を出射するSLDで構成される。406は第二の励起光源装置405を駆動するための駆動装置であり、電源・回路系により構成される。407は結合素子であり、励起光源装置405と光ファイバ305とを結合するための導波路で構成されている。408は第二の励起光源装置405の一端に作製されたミラーであり、波長670nm付近の光に対し99%以上の反射率を持つように構成される。409は光分波・合波器であり、例えばWDMカッピラで構成される。410は光ファイバ305中に作製されたファイバグレーティングであり、波長650nm付近および670nm付近のそれぞれの波長付近の光に対して99%以上の反射率を持つように構成される。

【0046】次に図1(B)を参照して本発明の第2の実施形態の動作を説明する。

【0047】まず、第一の励起光源装置401から励起光が両端から出射される。励起光源401の後端面から出射した第一の励起光はミラー404に反射され再び励起光源装置401を通過し増幅される。前面から出射した第一の励起光は結合素子403を通過し光ファイバ305に入射し、光分波・合波器409を通過する。その励起光はファイバグレーティング410により反射し、光分波・合波器409を通過して再び第一の励起光源装置401に入射し、通過増幅される。

【0048】つまり第一の励起光に関しては、ミラー404とファイバグレーティング410との間で共振器が構成されており、この共振器構造により光ファイバ305中での高い励起光密度を保つことができる。

【0049】同様に、第二の励起光源装置405から励起光が両端から出射される。励起光源装置405の後端面から出射した第二の励起光はミラー408に反射され再び励起光源装置405を通過増幅される。前面から出射した第二の励起光は結合素子407を通過し光ファイバ305に入射し、光分波・合波器407により第一の励起光と合波される。その第二の励起光はファイバグレーティング410により反射し、光分波・合波器409により分波され再び第二の励起光源装置405に入射し、通過増幅される。

【0050】つまり第二の励起光に関しては、ミラー408とファイバグレーティング410との間で共振器が構成されており、第一の励起光と同様にこの共振器構造により光ファイバ305中での高い励起光密度を保つことができる。

【0051】第一および第二の励起光は光ファイバ305に添加されているTm³⁺イオンに吸収され、第一の励起光は主に先に示した励起遷移103および105に寄与し、第二の励起光は励起遷移101に寄与する。

【0052】上記のようにエネルギーを吸収するための励起遷移を活発化させることができる波長の光源を選択することにより、本願発明の装置の動作がより効果的に達成される。以上の動作により本発明第1の実施の形態と同様に、光ファイバ端から波長450nm, 480nmのレーザ光を同時に高効率で得ることができる。

【0053】本実施例において光ファイバ305中に作製されたファイバグレーティング410は励起光波長650nmおよび670nm付近にたいして99%以上の反射率を持つようにしたが、同様の反射率を持ち、650nm、670nmそれぞれに対する狭帯域な二つのファイバグレーティングにより構成してもよい。

【0054】また、同様にファイバグレーティング306および307も波長450nm, 480nmそれぞれに対して、狭帯域な二つのファイバグレーティングで構成しても良い。

【0055】(第3の実施の形態) 図3(A)は本発明の第3の実施の形態であるアップコンバージョンファイバ

バレーザ装置の構成を示した図である。本実施の形態においては第1、第2の実施の形態と異なる点についてのみ言及する。なお第1と第2の実施の形態と同一の要素は同一の符号を付し、特に説明はしない。

【0056】図3(A)において、501は第三の励起光源装置であり、波長640nmの励起光を出射するS LDで構成される。502は第三の励起光源装置501を駆動させるための駆動装置であり、電源・回路系により構成される。503は結合素子であり、励起光源501と光ファイバ305とを結合するための導波路で構成されている。504は第三の励起光源装置501の一端に作製されたミラーであり、波長640nmの光に対し99%以上の反射率を持つように構成される。505は光分波・合波器であり、例えばWDMカッピラからなる。506は光ファイバ305中に作製されたファイバグレーティングであり、640nmの光に対して99%以上の反射率を持つように構成される。

【0057】次に図3(A)を参照して本発明の第3の実施の形態の動作を説明する。

【0058】第三の励起光源装置501の両端から励起光が出射される。励起光源501の後端面から出射した第三の励起光はミラー504に反射され再び励起光源装置501を通過増幅される。前面から出射した第三の励起光は結合素子503により光ファイバ305に入射する。次に光分波・合波器505により合波する。その励起光はファイバグレーティング506により反射し、光分波・合波器505により反射して再び第三の励起光源装置501に入射し、通過増幅される。つまり第三の励起光に関しては、ミラー504とファイバグレーティング506の間で共振器が構成されており、この共振器構造により光ファイバ305中での高い励起光密度を保つことができる。

【0059】本発明の第2の実施の形態と同様に第一および第二の励起光源装置401, 405からの第一および第二の励起光と第三の励起光は光ファイバ305に添加されているTm³⁺イオンに吸収され、第一の励起光は主に先に示した励起遷移103に寄与し、第二の励起光は励起遷移101に寄与し、第三の励起光は励起遷移105に寄与する。

【0060】このように励起光の波長を三つにすることにより、より高効率に吸収遷移(発光エネルギーを蓄積させるための遷移)を行なうことができ、第1と第2の実施の形態と同様に波長450nm, 480nmの発光を同時に得ることができる。

【0061】また、第1の実施の形態の構成において、ファイバグレーティング308を波長650nm、670nmもしくは640nm、650nm、670nmに対して反射するようにし、例えば励起光源装置301を分布帰還型(Distributed Feed back)レーザのグレーティングの周期を変化させることにより波長650nm

m、670 nmもしくは640 nm、650 nm、670 nmの多波長発振するような励起光源装置に置き換えることで、第1の実施形態もしくは第3の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0062】(第4の実施の形態)本発明の第4の実施の形態について説明する前に、まず本実施例の基本的な原理について図2(B)と図3(C)とを用いて説明する。第1の実施の形態とは異なる部分のみ説明する。図3(C)と図2(A)が異なる部分は、発光遷移701が図3(C)に表れている点だけである。¹⁰

【0063】今、図2(B)において非常に励起光密度が高い状態、例えば2Wの領域を考える。このとき準位2の分布密度は準位1の分布密度よりも大きく、反転分布状態になっている。この準位2から準位1への遷移を強制的に行なう。

【0064】この遷移は図3(C)中における発光遷移701である。この動作によりにより波長1800 nmの光が放出され、それに伴い準位2の分布密度が減少する。

【0065】すると準位8の分布密度は準位2の分布密度にくらべ、相対的に増大し準位8から準位2への発光遷移104つまり波長450 nmの発光が生じ易くなる。²⁰

【0066】以上の原理に基づき、本発明の第4の実施の形態の構成を図3(B)を参照し、実施例1と異なる点を中心に説明する。

【0067】図3(B)において601、602はともに光ファイバ305中に作製されたファイバグレーティングであり、波長1800 nm付近の光を部分反射する。このファイバグレーティング601、602は波長301800 nm付近の光に対して共振器を構成している。この共振器構造により波長1800 nmの光が誘導遷移により生じる。すると上記の原理により波長450 nm、および480 nmの発光を容易に得ることができる。³⁰

【0068】この発明の装置は、ディスプレイのための青色光源として利用できることは勿論のこと、記録媒体(光学ディスク)へのデータ書き込みレーザ出力装置、データ読み取りのためのレーザ出力装置など各種の応用分野が可能である。⁴⁰

【0069】以上説明したこの発明の要点をまとめると次のように述べることができる。即ち、波長A近辺の光を出力するスーパールミネッセンスダイオード(SLD)チップ(またはレーザダイオードチップ)と光ファイバを低反射接続し、SLDチップの他端と光ファイバの他端に波長A近辺の光を反射する手段を備え波長Aの光共振器を形成するハイブリッドファイバレーザ装置において、波長Aの光共振器の中にアップコンバージョンファイバを設置し、アップコンバージョンファイバの両端の2個所に波長Bの反射手段で構成される波長Bの光共振⁵⁰

器構造を持ち、2個所の反射手段のうちSLDチップ側を高反射率とし他端側を部分反射とし部分反射側より波長Bの出力光を得る事を特徴とするものである。

【0070】また、前記アップコンバージョンファイバはツリウム(Tm)イオンを添加した光ファイバであり、波長A近辺の光を反射する手段として650 nm付近の赤色光を100%近く反射し、波長Bの反射手段としてSLDチップ側では450 nm付近および480 nm付近を100%近く反射し他端側では450 nm付近および480 nm付近を部分反射するという構成を持つ。¹⁰

【0071】また、前記波長Bの反射手段のうちSLDチップの反対側の反射手段の部分反射率を450 nm付近および480 nm付近で異なる反射率を用いるという構成を備えてもよい。また、前記波長A近辺の光を反射する前記反射手段として複数の波長に対して選択的に100%近く反射するという構成を設けてもよい。

【0072】また、前記波長A近辺の選択的複数の波長として、650 nm付近の赤色光および670 nm付近の赤色光を100%近く反射するという構成を付加したアップコンバージョンファイバレーザ装置としてもよい。

【0073】また前記波長A近辺の選択的複数の波長として、640 nm付近、650 nm付近および670 nm付近の赤色光を100%近く反射するという構成を付加したアップコンバージョンファイバレーザ装置としてもよい。

【0074】また、前記波長Bの反射手段として450 nm付近と480 nm付近に加えて1800 nm付近の反射手段をも持ち、1800 nm付近でも共振器構造を有するという構成をさらに付加したアップコンバージョンファイバレーザ装置としても良い。また、前記アップコンバージョンファイバはホルミウム(Ho)イオンを添加した光ファイバであり、前記波長A近辺の光を反射する手段として645 nm付近の赤色光を100%近く反射し、前記波長Bの反射手段としてSLDチップ側では545 nm付近を100%近く反射し他端側では545 nm付近を部分反射するという構成を付加したアップコンバージョンファイバレーザ装置を得ることで前記第二の目的を達成する。また、前記アップコンバージョンファイバはエルビウム(Er)イオンを添加した光ファイバであり、前記波長A近辺の光を反射する手段として970 nmまたは800 nm付近の赤外光を100%近く反射し、前記波長Bの反射手段としてSLDチップ側では545 nm付近を100%近く反射し他端側では545 nm付近を部分反射するという構成を付加したアップコンバージョンファイバレーザ装置を得ることでも第二の目的を達成する。⁴⁰

【0075】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明によれば、Tmを用いたアップコンバージョンレーザにおいて青色

450 nm、480 nmの光を同時出力し、高効率で大出力が可能となる。緑色アップコンバージョンレーザも同様な手段で容易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1と第2の実施の形態を示す図。

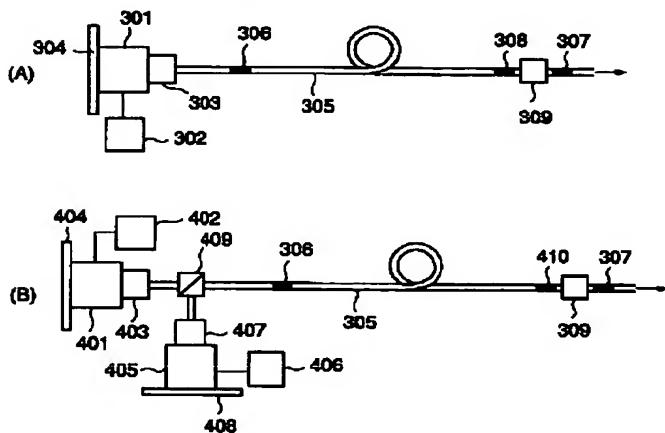
【図2】Tm³⁺イオンを波長650 nm付近の光で励起した時のエネルギー遷移図、及びTm³⁺イオンを波長650 nmの光で励起した時の各エネルギー準位の分布密度を表した図である。

【図3】本発明によるアップコンバージョンファイバレ¹⁰ーザ装置の第3の実施の形態の図、第4の実施の形態の図及び第4の形態を実現するための各エネルギー準位の分布密度を表した図。

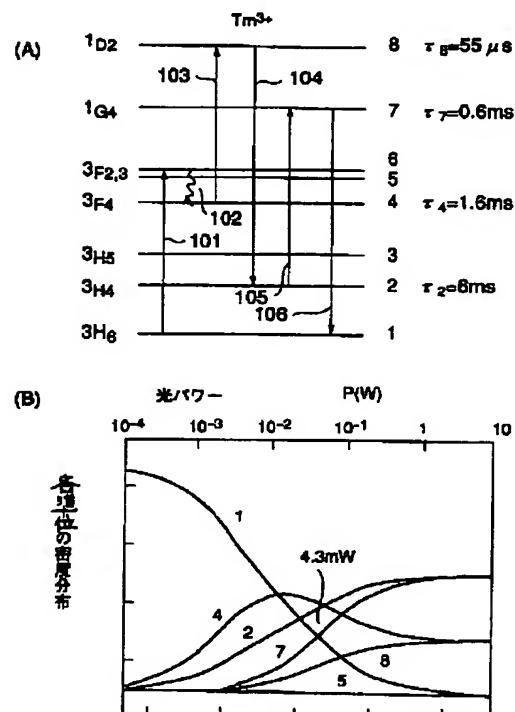
*【符号の説明】

101、103、105…吸収遷移、102…非発光遷移、104、106…発光遷移、301…励起光源装置、302…駆動装置、303…結合素子、304…ミラー、305…光ファイバ、306、307、308…ファイバグレーティング、309…偏光素子、401…第一の励起光源装置、402、406…駆動装置、403、407…結合素子、404、408…ミラー、405…第二の励起光源装置、409…光分波・合波器、410…ファイバグレーティング、501…第三の励起光源装置、502…駆動装置、503…結合素子、504…ミラー、505…光分波・合波器、506…ファイバグレーティング、701…発光遷移。

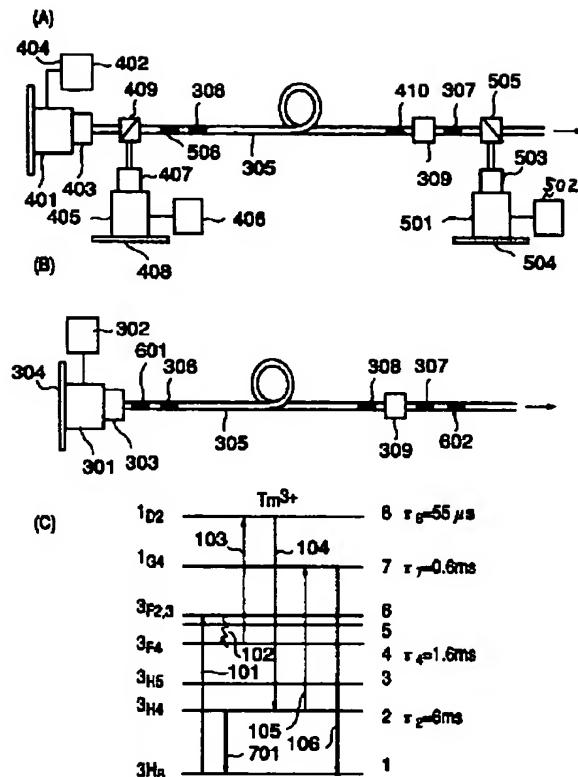
【図1】



【図2】



【図3】



【手続補正書】

【提出日】平成11年9月7日 (1999. 9. 7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも波長Aを含む第1の光を出力するレーザダイオードチップと、このレーザダイオードチップの光出力部に一方の端部が接続された光ファイバと、このレーザダイオードの反射側に前記第1の光を反射する反射手段と、前記光ファイバの他方の端部に設けられて前記第1の光を反射する第1のミラーとで構成される第1の共振器と、前記第1のレーザダイオードチップと前記第1のミラーとの間に設けられて、少なくとも波長Bを含む第2の光を高反射する第2のミラーと、前記光ファイバの前記他方の端部側に形成され、前記第2の光を部分反射する第3のミラーとで構成され、前記部分反射側より前記第2

の光を出力する第2の共振器と、を具備したことを特徴とするアップコンバージョンレーザ装置。

【請求項2】前記光ファイバは、ツリウム(Tm)イオンを添加された光ファイバであることを特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバーレーザ装置。

【請求項3】前記第1の光共振器で共振する第1の光は、650 nm付近の赤色光であり、前記第2の光共振器で共振する第2の光は、450 nm付近および480 nm付近の光であり、450 nm付近および480 nm付近の出力光を得る事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバーレーザ装置。

【請求項4】前記第3のミラーは450 nm付近および480 nm付近を部分反射するが、450 nm付近と480 nm付近とでは、異なる反射率を有する部分反射である事を特徴とする請求項3記載のアップコンバージョンファイバーレーザ装置。

【請求項5】前記光ファイバに対して、さらに波長C

の光を入力する第2のレーザダイオードチップを接続し、前記第1の光が、少なくとも波長Aと波長Cを含むようにし、

前記光ファイバには、前記第2のミラーとして前記波長AとCを含む前記第1の光を共振反射する第2のミラーを設けたことを特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンレーザ装置。

【請求項6】 前記第1の光は、

650nm付近の赤色光および670nm付近の赤色光であり、前記第2のミラーは、これらの光を99%近く反射する事を特徴とする請求項5記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【請求項7】 前記光ファイバに対して、さらに波長C、Dの光を入力する第2、第3のレーザダイオードチップを設け、前記第1の光が、少なくとも波長Aと波長Cと波長Dを含むようにし、

前記光ファイバには、前記第2のミラーとして前記波長AとC及びDの光を反射する第2のミラーを設け前記第1の光は、

650nm付近および670nm付近及び640nm付近の赤色光であり、前記第2のミラーは、これらを99%近く反射する事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【請求項8】 前記第2の共振器は、前記450nm付近と480nm付近の共振機能に加えて1800nm付近の光の共振機能をもつ事を特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【請求項9】 前記アップコンバージョンファイバはホルミウム(Ho)イオンを添加した光ファイバであり、前記第1の光の共振器としては、645nm付近の赤色光を共振するようにし、

前記第2の光の共振器としては、レーザダイオードチップ側では545nm付近を100%近く反射し他端側では545nm付近を部分反射する共振機能とし、出力光としては、545nm付近の出力光を得る事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【請求項10】 前記アップコンバージョンファイバはエルビウム(Er)イオンを添加した光ファイバであり、前記第1の光の共振器としては、970nmまたは800nm付近の赤外光を共振するようにし、前記第2の光の共振器としては、レーザダイオードチップ側では545nm付近を100%近く反射し他端側では545nm付近を部分反射する共振機能とし、出力光としては、545nm付近の出力光を得る事を特徴とする請求項1記載のアップコンバージョンファイバレーザ装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明は上記の目的を達成するために、少なくとも波長Aを含む第1の光を出力するレーザダイオードチップと、このレーザダイオードチップの光出力部に一方の端部が接続された光ファイバと、このレーザダイオードの反射側に前記第1の光を反射する反射手段と、前記光ファイバの他方の端部に設けられて前記第1の光を反射する第1のミラーとで構成される第1の共振器と、前記第1のレーザダイオードチップと前記第1のミラーとの間に設けられて、少なくとも波長Bを含む第2の光を高反射する第2のミラーと、前記光ファイバの前記他方の端部側に形成され、前記第2の光を部分反射する第3のミラーとで構成され、前記部分反射側より前記第2の光を出力する第2の共振器と、を備えるものである。これにより、上記波長B付近の共振構造を得ることで、所望の色の光を取り出すことが可能となる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】 (第1の実施の形態) 以上の原理に基づき、本発明の具体的実施形態1の構成を図1を参照し詳細に説明する。図1(A)において301は励起光源装置であり、中心波長650nm付近の励起光を出力するレーザダイオードチップ(SLD(super-luminescentdiodeでもよい))で構成される。302は励起光源装置301を駆動させるための駆動装置であり、電源・回路系から構成される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】 305はフッ化物系等のフォノンエネルギーの低い材料からなる光ファイバであり、そのコア部にはTm³⁺が添加されている。303は結合素子であり、励起光源301と光ファイバ305とを結合するための導波路で構成されている。304はミラーであり、励起光源装置301から一方の端から出射する励起光を反射する光学部材からなる。例えばこれは励起光源装置301の一端に形成された誘電体の多層膜で構成されており、励起光の波長650nm付近に対して99%以上の高反射率を有する。308は光ファイバ305中に作製されたファイバグレーティング(ミラー)であり、励起光波長650nm付近に対し99%以上の高反射率を有す

るよう屈折率を変化させたグレーディングが施されている。つまり、グレーディングは、光ファイバを部分的に波長に関連させて周期的に屈折率を変化させたミラーである。306、307も同様にファイバグレーディン

グ（ミラー）であり、波長450nmと480nmと共に反射するようにグレーディング周期を長手方向に徐々に変化させて広帯域化してある。

フロントページの続き

(72) 発明者 伊藤 謙

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 岡野 英明

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

F ターム(参考) 5F072 AB07 AB09 AK06 JJ02 JJ04
KK07 KK30 PP07 RR03 YY16
YY20